

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-243586

(43) 公開日 平成10年(1998) 9月11日

(51) Int.Cl.⁶
H 0 2 K 1/27

識別記号
5 0 1

F I
H 0 2 K 1/27

5 0 1 H
5 0 1 A

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平9-43418

(22) 出願日 平成 9 年(1997) 2 月27日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地

(72) 発明者 三浦 治雄

茨城県土浦市神立町603番地 株式会社日
立製作所土浦工場内

(72) 発明者 高橋 一樹

茨城県土浦市神立町603番地 株式会社日
立製作所土浦工場内

(72) 発明者 西田 秀夫

茨城県土浦市神立町603番地 株式会社日
立製作所土浦工場内

(74) 代理人 弁理士 高崎 芳敏

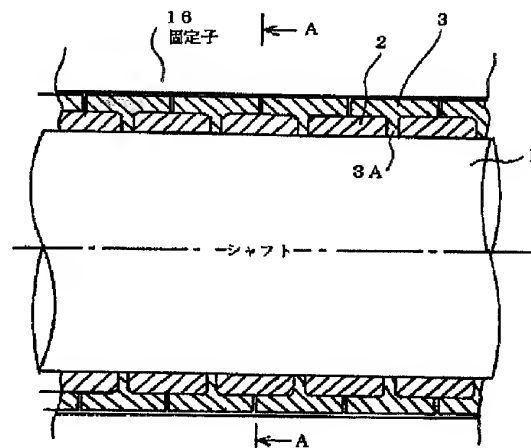
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 永久磁石式同期電動機とその回転子

(57) 【要約】

【課題】 永久磁石式同期電動機の高速運転時の安定性を向上させる。

【解決手段】 永久磁石リング2の補強、保持材として、比強度が高く、かつ熱膨張係数も比較的大きいチタンリング3を用い、その内周部の突部3Aをシャフトとの間に初期締め代を持って直接系合させることにより、運転中においてもシャフト1とチタンリング3及び永久磁石リング2との同軸度を保てるようにした。これにより、高速運転中に回転子に周方向のアンバランスを生じないので、運転中の振動を抑制でき、また永久磁石に働く遠心力も保持できるので、安定した、信頼性の高い運転状態を得ることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 シャフトと、

該シャフトの軸方向に並べて装着された複数のリング状永久磁石と、

該リング状永久磁石及びそれ自体の遠心力による伸びに見合う初期締め代を与えられてその内面の一部をなす直接系合面が前記シャフトに直接系合され、かつ前記直接系合面以外の内面が前記リング状永久磁石の外周面に系合されたところのチタンリングと、

を備えたことを特徴とする電動機の回転子。

【請求項2】 前記チタンリングの直接系合面は、当該チタンリングの軸方向中央部に設けられた内周面の突部の先端のなす面であることを特徴とする請求項1記載の電動機の回転子。

【請求項3】 前記チタンリングの直接系合面は、当該チタンリングの軸方向の一端に設けられた内周面の突部の先端のなす面であることを特徴とする請求項1記載の電動機の回転子。

【請求項4】 請求項1ないし3項の内の1つに記載の電動機の回転子を用いて構成した永久磁石式同期電動機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、圧縮機等を駆動する超高速可変速電動機として使用される永久磁石式同期電動機とその回転子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】永久磁石を回転子に取り付けられた電動機は、小型かつ高性能の直流あるいは交流サーボモータとして多くの分野で利用されている。図3は、リング状永久磁石を有する回転子を備えた永久磁石式同期電動機の従来構造の一例を示す。同図に於て、電動機のシャフト11にはリング状の永久磁石12が装着され、それにカーボン繊維（以下CFRPという）を巻き付けて形成されたCFRPリング13とによって電動機ロータが構成されている。ロータはケーシング15に保持された軸受14によって支持されている。コイル17を収納する固定子16がケーシング15に保持されている。本電動機はインバータ18により給電される。

【0003】本例のような永久磁石式同期電動機は、回転子を小さくでき、励磁電流が不要であるため効率を改善できる、等の長所がある。永久磁石12としては、強磁束密度を確保するため、ネオジウム永久磁石等が用いられる。しかしながらこの磁石材料の破壊張力 σ_{am} は約8kg/mm²と小さいので、比強度の大きい材料CFRP13で巻き付け補強してある。カーボン繊維単独の引張強度は200kg/mm²以上であるが、実際には繊維方向と遠心力のかかる方向が一致しないことやエポキシ樹脂を含浸させていることから、回転子に装着された状態でのCFRPは数十kg/mm²以上の引張強度を有する。このよう

なCFRPによる補強効果は次式で表される；

$$\text{【数1】 } t_c = (\sigma_m - \sigma_{am}) t_m / (\sigma_{ac} - \sigma_c)$$

ここで、 σ_m ：永久磁石に働く遠心張力、 σ_{am} ：永久磁石の許容引張応力、 σ_{ac} ：CFRPの許容引張応力、 σ_c ：CFRPに働く遠心応力、 t_c ：CFRPリングの厚さ、 t_m ：永久磁石リングの厚さである。この数値例が高橋勲「超高速モータの開発事例」、平成8年電気全国大会S.18-3に示されているが、それによると、ロータ周速196m/sで、およそ σ_m が29.2kg/mm²、 σ_c が7.8kg/mm²である。今 σ_{am} を8kg/mm²、安全を見て σ_{ac} を50kg/mm²とすると、(数1)から t_c/t_m は約2分の1となる。即ち、永久磁石に働く遠心張力 $\sigma_{am}=8\text{kg/mm}^2$ をこえていても $t_c/t_m=1/2$ 程度の厚みのCFRPを巻き付けることにより、 $\sigma_c (=7.8\text{kg/mm}^2) < \sigma_{ac} (=50\text{kg/mm}^2)$ の条件が成立し、永久磁石の破壊が防がれる。

【0004】このような永久磁石式回転子の別の従来技術としては、特開平3-11951号、特開平7-284237号等に開示されたものがある。前者の特開平3-11951号に示された「回転電機の回転子」では、ロータのシャフトにリング状に取り付けられた永久磁石の外周に高張力のセラミックリングを嵌め込み、さらにその外周にチタン合金のリングを嵌め込んだ構造を提案している。また、特開平7-284237号に示された「電動機の永久磁石付回転子」では、ロータのシャフトにリング状に取り付けられた永久磁石の外周を、非磁性体で構成したリング状の小隔の部材で、締め込みにより取り付けられた構造を提案している。さらに上記リング状部材は、ロータの軸方向に沿って離れて複数個配置される。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記した図3の従来例の場合の半径方向の垂み量は、CFRPの縦弾性係数を10000kg/mm²とすると0.00078となる。従って直径100mmのロータであれば、その半径方向の伸び量は0.078mmとなる。一方、このロータを周速196m/sで回転させるとそれは約35000r.p.m.に相当するが、このように数万回転以上の高速でロータを回転させるとき、上記のようなCFRPの伸びに起因するロータ振動を招く恐れがある。

【0006】また、上記した特開平3-11951号によれば、セラミックリングの弾性係数は極めて大きいので、永久磁石は遠心力により半径方向に伸びて振動等を引き起こすことはない。また、特開平7-284237号によれば、やはりリング状部材の締め込みによって、高速回転時の半径方向の伸びを防いでいる。しかし、これらの技術はいずれも永久磁石を締め付ける形で永久磁石の変形を防止しており、締め付ける側、即ちセラミックリングやリング状部材自体をロータ軸（シャフト）に対して直接締め付けるようにして取り付けただけではな

い。またセラミックリングを用いるものは、電動機の大
型化に伴い組立等が複雑になる。

【0007】本発明の目的は、高速運転回転時において
も、永久磁石リング及び補強のためのリングと電動機シャ
フトとの同軸度を高度に維持でき、かつその組立も容易な
構造の永久磁石同期電動機とその回転子を提供すること
である。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するた
めに、本発明は、シャフトと、該シャフトの軸方向に並
べて装着された複数のリング状永久磁石と、該リング状
永久磁石及びそれ自体の遠心力による伸びに見合う初期
締め代を与えられてその内面の一部をなす直接系合面が
前記シャフトに直接系合され、かつ前記直接系合面以外
の内面が前記リング状永久磁石の該周面に系合されたと
ころのチタンリングと、を備えたことを特徴とする電動
機の回転子を開示する。

【0009】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を説明
する。図1は、本発明になる永久磁石同期電動機の回転
子の構成を示す断面図、図2は、図1のA-A断面図
である。これらの図において、回転子はシャフト1、永
久磁石リング2、チタンリング3から構成され、また、
固定子16にはコイル17が装着されている。永久磁石
リング2は、軸方向に複数個配置され、それぞれのリン
グ間には少しの間隔が設けられているが、このように複
数のリングに分割するのは、電動機がある程度大きくな
ると、大きな幅の永久磁石リングを作成することができ
なくなるからである。チタンリング3も複数個に分割さ
れ、永久磁石リング2を保持するように装着される。各
チタンリング3の内周には突起3Aが設けられており、
その突起3Aは永久磁石リング2の間に配置され、突起
3Aの内周部はシャフト1の表面に系合している。永久
磁石リング2の断面形状は、図2のようにリング状であ
るが、磁気的には少なくともN、S極1対の磁極が形成
されるように磁化されている。

【0010】上記の構成において、チタンリング3の突
起部3Aの内周部、即ちシャフト表面との系合部の内径
とシャフト外径寸法の関係は、永久磁石2の遠心力も考
慮した遠心力伸びに見合う初期締め代（初期締め付け
力）を持たせることのできるものとする。この締め代
は、概略次式で表せる。

$$\text{【数2】 } \varepsilon \geq (E_m \cdot t_m / E_t \cdot t_t) \varepsilon_m + \varepsilon_t$$

$$\Delta d = \varepsilon D$$

ここで、 E_m ：永久磁石リングの縦弾性係数、 E_t ：チタ
ンリングの縦弾性係数、 ε_m ：永久磁石リングの遠心力に
よる仮想歪み、 ε_t ：チタンリングの遠心力による歪み、
 D ：チタンリング径、 Δd ：チタンリングの初期締め
代、 t_m ：永久磁石リングの厚さ、 t_t はチタンリングの
厚さである。（数2）の右辺第一項は、永久磁石リング

2に働く遠心力を受け持つための締め代に相当し、右辺
第二項は、チタンリング3自身の遠心力伸びを受け持つ
ための締め代に相当している。両者の和以上の初期締め
付け力を与えることにより、回転中にチタンリング3が
シャフト1から離れることがなくなる。かつ永久磁石リ
ング2も、チタンリング3に系合されることによって半
径方向に拘束されるので、シャフト1との同軸度が保た
れる。このようにすることによって、運転中のチタンリ
ング3とシャフト1の同軸度を保つことができるので、
運転中のアンバランスの発生をなくすることができる。

【0011】図1の回転子の組立に当たっては、シャフ
ト1上に1つの永久磁石リング2を嵌め込むと、次に1
つのチタンリング3を嵌め込む。このとき先に嵌め込ん
だ永久磁石リングと、チタンリングの突起部の片端との
間の内周面とが系合し、かつ突起部内周面がシャフトに
系合するように、前記の初期締め代 Δd を与えてチタン
リングを嵌め込む。次に、今嵌め込んだチタンリングの
突起部ともう1つの端部との間の内周面に次の永久磁石
リングが系合するように当該永久磁石リングを嵌め込
む。以下同様の作業を繰り返すことで回転子に永久磁石
及びチタンリングを取り付けることができるが、このと
き永久磁石リングは引張限界応力が小さいこと、焼きバ
メ作業時のチタンリングと永久磁石リングの組み込み作
業を容易にし、すばやく行うために永久磁石リングのシャ
フトへの初期締め代は不要、即ち0として作業を行
う。

【0012】本実施の形態によれば、チタンリングをそ
の内周面の突起部で直接シャフト表面に十分な締め代を
与えて系合させるから、チタンリング自体が高速回転時
に遠心力で半径方向に伸びることはなく、かつ永久磁石
もチタンリングに系合され保持されることにより、遠心
力で伸びることも防がれ、高速運転の振動を確実に抑圧
できる。

【0013】図4は、本発明になる永久磁石付回転子の
別の構成例を示すもので、チタンリングの形状を変えた
ものである。同図は図1と同じく回転子の軸を含む断面
図で、かつその上半分の一部分だけを図示している。シャ
フト1の外周に永久磁石リング2が適当な間隔でもって
複数個取り付けられているのは図1の構成と同じであ
るが、チタンリング40は、同図の断面でみると図1の
ものがいわばT型であったのに対し、L型形状をなして
いる。即ち、リングの一端の内周部に突起部40Aが設
けられ、これが永久磁石リングの間に挿入され、シャフ
ト1と直接系合するようになっている。この構成でも、
突起部40Aの内周面の径を（数2）で説明した値に設
定して適当な締め代を与えることによって、図1と同様
な効果がある。さらに図4の場合には、チタンリング4
0の成型が容易になり、かつシャフトへの取り付けもよ
り簡単に行えるようになる。

【0014】図5は、本発明になる永久磁石付回転子の

さらに別の構成例を示すもので、図1の構成の変形例である。即ち、永久磁石2は4個づつ、軸方向に隣接して配置され、4個おきの間に、その断面がT字型のチタンリング50の突起部50Aが挿入され、その内周面でシャフト1の表面と系合する構成である。このような構成は、隣接配置される永久磁石の個数を2、3、・・・と任意にとることも可能で、これを多くとるほどチタンリングの軸方向幅が長くなり、シャフトへの取り付け作業工程の減少に効果がある。但し軸方向幅の増大はチタン

10 内での渦電流損失の増大を招き、またシャフトとの直接系合面の面積が減少する。従ってこれらのトレードオフで適当な永久磁石の個数を選定する必要がある。
【0015】図6は、本発明になる永久磁石付回転子のさらに別の構成例を示すもので、図4の構成の変形例である。即ち、永久磁石2は4個づつ、軸方向に隣接して配置され、4個おきの間に、その断面がL字型のチタンリング60の突起部60Aが挿入され、その内周面でシャフト1の表面と系合する構成である。この場合も、隣接配置される永久磁石の個数を適当に選ぶことで、シャフトへの取り付け工程削減を行うことができる。また、図5、6のいずれの場合も、突起部の付け根には、高速回転時の永久磁石及びチタンリング自体の遠心力による伸びにより大きな曲げモーメントがかかる。曲げモーメントは、チタンリングの軸方向幅が大きいほど大きくなるから、この点も考慮した設計が必要である。

【0016】

【発明の効果】本発明によれば、高速運転中に回転子にアンバランスを生じないので、運転中の振動を抑制でき、また永久磁石に働く遠心力も保持できるので、安定した、信頼性の高い運転状態を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明になる永久磁石付回転子の構成例を示す図である。

【図2】図1の回転子のA-A断面図である。

10 【図3】従来の永久磁石式同期電動機の構成例を示す図である。

【図4】本発明になる永久磁石付回転子の別の構成例を示す図である。

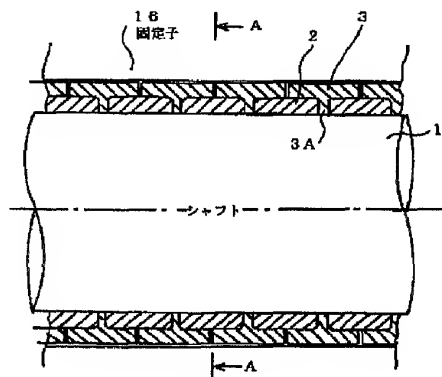
【図5】本発明になる永久磁石付回転子のさらに別の構成例を示す図である。

【図6】本発明になる永久磁石付回転子のさらに別の構成例を示す図である。

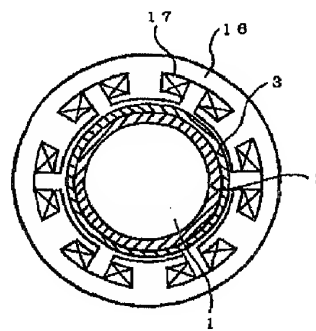
【符号の説明】

- 1 シャフト
- 2 永久磁石リング
- 3、40、50、60 チタンリング
- 3A、40A、50A、60A 突起部
- 16 固定子鉄心
- 17 コイル

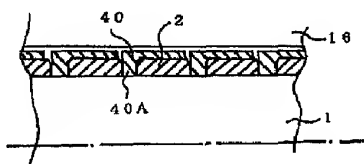
【図1】



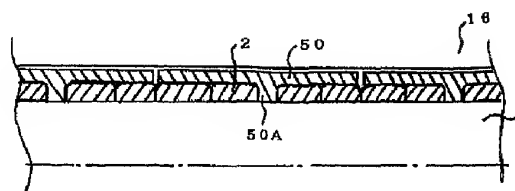
【図2】



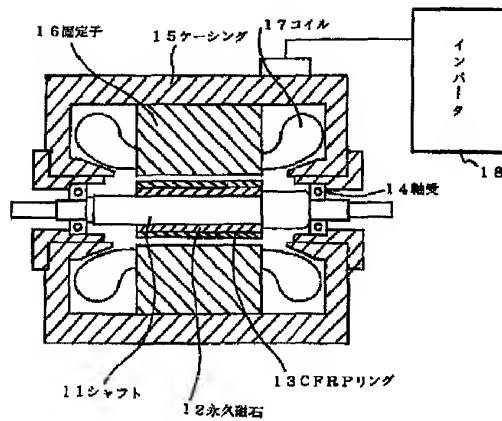
【図4】



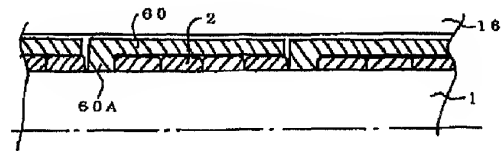
【図5】



【図3】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 高橋 直彦
茨城県土浦市神立町603番地 株式会社日
立製作所土浦工場内